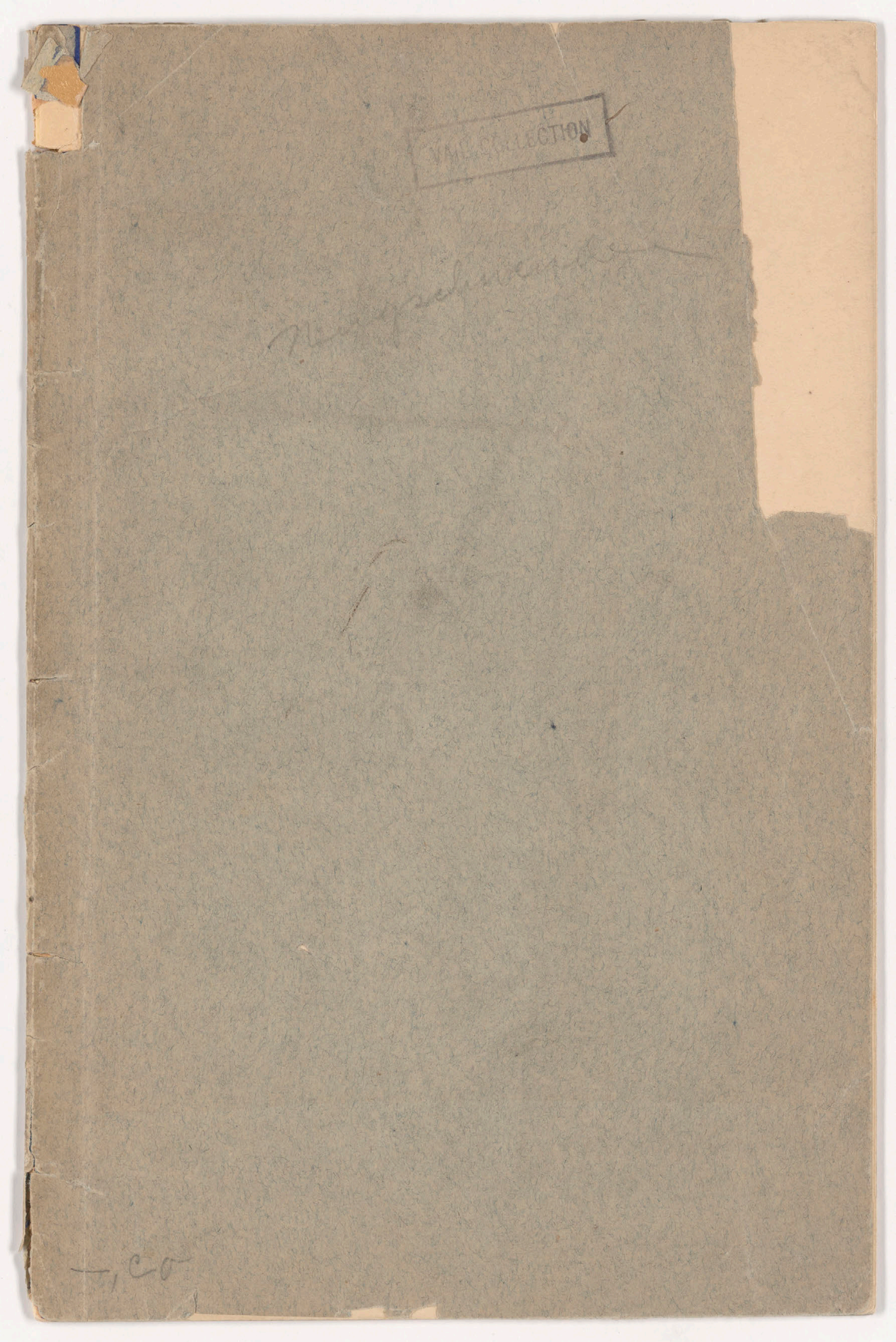
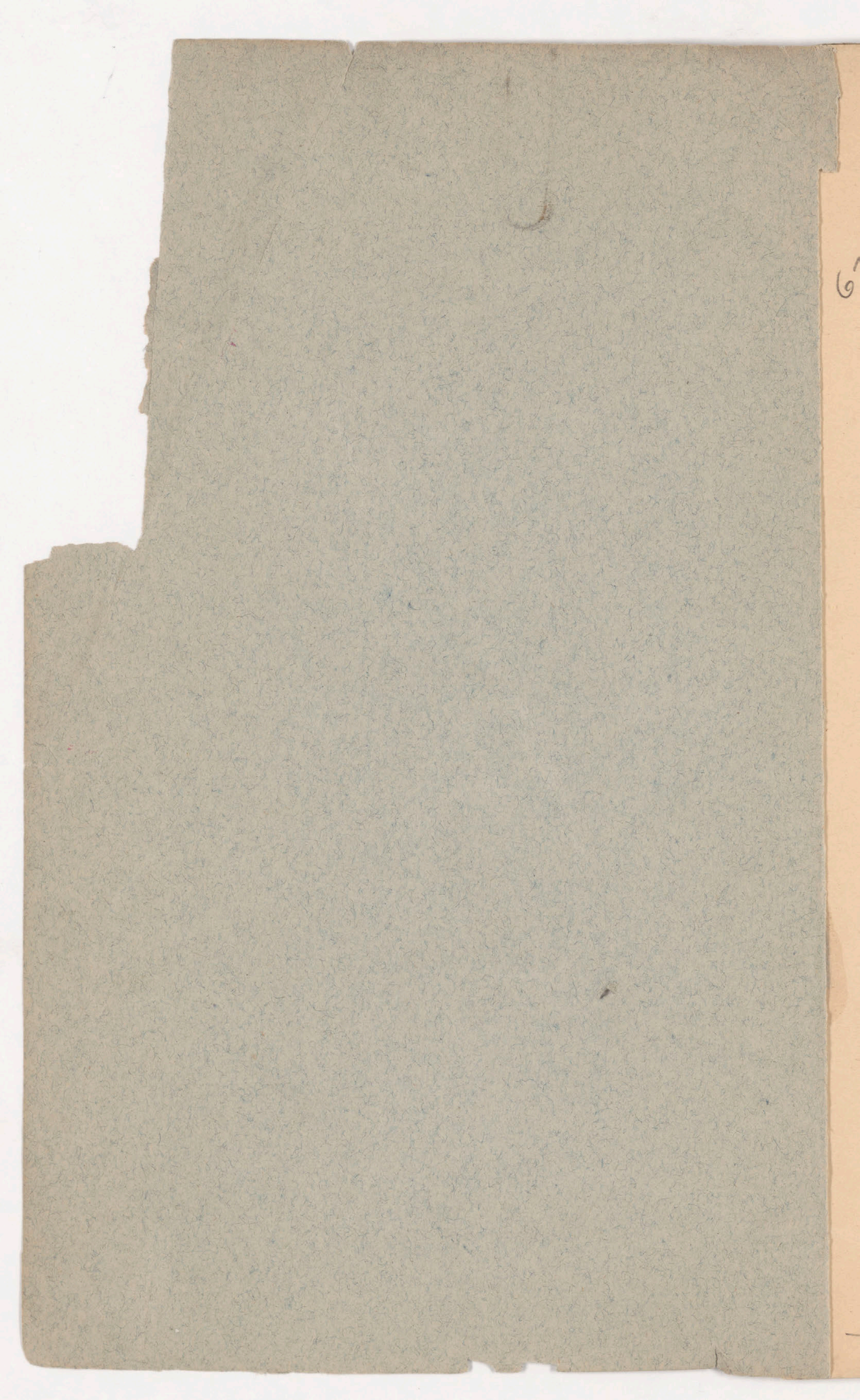

VAIL COLLECTION



Versuche

über einen

elektrolytischen Kohärer

nebst

einer Einleitung über elektrische Wellen

von

Gymnasialassistenten Albert Neugschwender.

Programm

des K. humanistischen Gymnasiums Dillingen
für 1899/1900.

Dillingen.
J. Keller'sche Buchdruckerei.

Vorbemerkung.

Infolge der Erkrankung eines Kollegen, welcher die Abfassung des Programms für das Schuljahr 1899/1900 übernommen hatte, wurde ich veranlasst, für denselben einzutreten, und entschloss ich mich, Versuche über einen von mir vor einiger Zeit entdeckten neuen Kohärer zu veröffentlichen, durch welche festgestellt werden sollte, ob derselbe zu einer Verwendung in der Telegraphie mit elektrischen Wellen geeignet wäre.

Die Versuche konnten allerdings bei der kurzen Zeit, die mir zur Verfügung stand, und den vielfachen Unterbrechungen, welche die Experimente infolge meiner Berufsthätigkeit erleiden mussten, noch zu keinem endgiltigen Abschluss gebracht werden. Doch haben sich bereits wichtige Anhaltspunkte ergeben, welche von allgemeinerem Interesse sein dürften.

In den Wiedemann'schen Annalen Band 67 pag. 430—432 und Band 68 pag. 92—98 habe ich im Jahre 1899 zwei Abhandlungen über eine neue Methode, elektrische Wellen nachzuweisen, veröffentlicht.

Da diese Methode Eigenschaften besass, welche sie in besonders hohem Masse zu einer Verwendung für die Telegraphie mit elektrischen Wellen empfahlen, so wurden speziell in dieser Richtung Versuche angestellt, deren Ergebnis in folgender Abhandlung dargestellt werden soll.

Bevor ich jedoch auf die Beschreibung der eigentlichen Versuche eingehe, dürfte es angezeigt sein, dass zunächst die elektrischen Wellen überhaupt und verschiedene Methoden, ihr Vorhandensein nachzuweisen, kurz besprochen werden.

Wird eine Leydner Flasche mit Elektrizität geladen und verbindet man die beiden Belegungen derselben mit je einem Draht, der an seinem Ende eine Kugel trägt, und nähert die Kugeln einander, so springt bei einer gewissen Entfernung zwischen denselben ein Funke über, wobei die Flasche sich entlädt. Feddersen[1]) betrachtete den Entladungsfunken in einem rotierenden Spiegel, wobei das Bild des Funkens in ein leuchtendes Band auseinander gezogen wurde. Er fand, dass bei verhältnissmässig grossem Widerstand der Entladungsleitung das leuchtende Band in etliche helle Streifen zerfiel, welche durch dunkle Zwischenräume scharf von einander abgegrenzt waren. Daraus ging hervor, dass unter diesen Umständen die Entladung nicht in einem einzigen Funken, sondern in mehreren, intermittierenden Funken vor sich ging. Wurde der Widerstand der Entladungsleitung stark verringert, so war das Funkenbild der Entladung ein wesent-

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 103, p. 497. 1858. Bd. 108, p. 497. 1859. Bd. 112, p. 452. 1861. Bd. 113, p. 437. 1861. Bd. 114, p. 130. 1862. Bd. 130, p. 439. 1867.

lich anderes. Die Ränder der einzelnen Streifen waren verschwommen und die Zahl der hellen Streifen bei gleicher Gesamtlänge des Bandes bedeutend vermehrt. V. Oettingen (1862) fand, dass bei einer derartigen Entladung einer Leydener Flasche eine der ursprünglichen entgegengesetzte Restladung vorkam, Wollaston beobachtet, dass bei einer durch die Entladung Leydener Flaschen hervorgerufene Elektrolyse sich an jeder Elektrode der positive und negative Bestandteil des Elektrolytens ausscheidet. Aus diesen und ähnlichen Beobachtungen wurde geschlossen, dass bei solchen Entladungen an den Polen der Entladungsleitung abwechselnd positive und negative Elektrizität auftritt, indem kein eigentlicher Ausgleich der entgegengesetzten Elektrizitäten stattfindet, sondern dieselben blos ihre Plätze beständig vertauschen und zwischen den Polen hin- und herschwanken. Eine derartige Entladung nennt man eine oscillatorische und die beständig abwechselnden Zustandsänderungen elektrische Schwingungen. Die Schwingungsdauer ist besonders abhängig von der Kapazität des geladenen Leiters und der Quadratwurzel aus derselben proportional. Nach der Faraday-Maxwellschen Anschauung treten um die Entladungsleitung herum vom ersten Moment der Entladung an magnetische Kräfte auf, denen Spannungen oder Magnetisierungen des Aethers entsprechen. Die magnetischen Kräfte wachsen solange, bis die beiden Elektrizitäten zusammen getroffen sind, dann werden diese Spannungen wieder rückgängig und das Verschwinden der Magnetisierung des Aethers erzeugt einen elektrischen Strom in der Entladungsleitung, welcher die Belegung der Flaschen in einem der früheren Ladung entgegengesetzten Sinne lädt, so dass sich auf einer Belegung, welche anfangs mit positiver Elektrizität geladen war, nunmehr negative Elektrizität befindet und umgekehrt. Dann beginnt das Spiel in umgekehrter Richtung von neuem und so fort. Bei den Versuchen, welche Feddersen mit Leydener Flaschen anstellte, trafen auf einen Entladungsfunken von einer Gesamtdauer von etwa $^1/_{70000}$ Sekunde 13 Schwingungen, eine Schwingung dauerte also etwa eine Milliontelsekunde. Von so raschen Schwingungen war zu vermuten, dass ihre Wir-

kungen sich wie die elastischen Schwingungen tönender Körper als Wellen ausbreiten können. Den experimentalen Nachweis hiefür brachte H. Hertz in seinen berühmten Versuchen von 1888—89[2]. Er verband die Pole der sekundären Spule eines Induktionsapparates mit zwei Kugeln, zwischen welchen die Entladungen dann vor sich gingen. Die Kugeln waren mit horizontalliegenden Drähten verbunden, an deren äusseren Enden sich Metallplatten befanden. Bei dieser Anordnung entstehen Schwingungen, von denen etwa 100 Millionen auf eine Sekunde gehen. Von diesen vielen Schwingungen kommen jedoch bei jeder Entladung des Induktoriums nur sehr wenige zustande, weil die Elektrizität infolge der Wärmeerscheinungen und der Ausstrahlung elektrischer Energie rasch abnimmt, so dass die Schwingungen längst abgelaufen sind, wenn ein neuer Entladungsfunke des Induktoriums, das ja bei jedem Gang des Unterbrechers neue Induktionselektrizität hervorruft, einsetzt.

Die elektrischen Wellen äussern sich dadurch, dass sie auf einen benachbarten Leiter inducierend wirken, und Funken auftreten, wenn dieser Leiter an einer Stelle unterbrochen ist. Mit diesem sekundären Leiter hat nun Hertz nachweisen können, dass sich die Wirkungen der elektrischen Schwingungen wellenartig ausbreiten, indem er fand, dass sie sich zur Interferenz bringen lassen. Damit liess sich auch die Wellenlänge bestimmen und hiemit, sowie aus der berechneten Schwingungsdauer, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Diese ergab sich zu 300 000 km pro Sekunde, ist also dieselbe wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes. Die von ihm gemessenen Wellenlängen betrugen 3 bis 10 m. Mittels eines von Righi angegebenen Wellenerregers ist es möglich, Schwingungen zu erhalten, von denen 2 Milliarden in der Sekunde aufeinander folgen würden. Derselbe besteht aus vier Kugeln, von denen sich zwei in einer mit Petroleum gefüllten Kapsel sehr nahe aneinander befinden. Die eine Hälfte der Kugeln steckt in der Kapsel, während die andere Halbkugel ausserhalb der Kapsel sich befindet. Der äusseren Seite der Kugeln gegen-

---

[2] Hertz. Wied. Ann. Bd. 34, p. 155, 273, 551, 609. 1888. Bd. 36, p. 1, 769. Bd. 37, p. 395. 1889.

über befindet sich je eine weitere Kugel, welche mit dem Induktorium verbunden ist. Ist der Induktionsapparat in Gang gesetzt, so springen zunächst von den äusseren Kugeln Funken in Luft auf die inneren über, und von diesen aus geht dann eine weitere Entladung im Petroleum vor sich, wobei sehr kräftige Wellen zustande kommen. Man lässt die Funken in Petroleum, resp. Vaselinöl u. dgl. übergehen, um die Zerstäubung der Entladungskugeln und die Ansammlung der Zerstäubungsprodukte zwischen den Kugeln zu vermeiden. Diese Vorrichtung nennt man einen Righi'schen Radiator. Mit diesem Righi'schen Radiator und den von ihm erregten sehr kurzen elektrischen Wellen lässt sich verhältnissmässig leicht dasselbe nachweisen, was Herz zuerst zeigte, dass nämlich die elektrischen Wellen, ausser der Interferenzfähigkeit, auch Reflexion, Brechung und Polarisation besitzen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die elektrischen Wellen und die Lichtwellen ihrem Wesen nach dasselbe, nur von verschiedener Grössenordnung sind. Letztere äussern sich vor allem durch ihre Wirkung auf das Auge, erstere durch ihre Induktionswirkung.

Die Hertz'sche Methode zum Nachweis elektrischer Wellen ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da die Funken im sekundären Leiter sehr schwach sind und nur im Dunkeln gesehen werden können. Man hat sich daher bemüht, die Wirkung augenscheinlicher zu machen. Wichert[3]) beobachtete die Funken unter dem Mikroskop. Luckas und Garret[4]) liessen die sekundären Funken in Knallgas überspringen, welches hiedurch zur Explosion kam. Von Rubens, Ritter und Paalzow[5]) wurde die durch elektrische Schwingungen in einem Leiter hervorgerufene Wärme und die hiedurch verminderte Leitfähigkeit desselben zu Beobachtungen mit dem Galvanometer verwendet. Wichert[6]) verband den einen Teil des sekundären Leiters, ein lineares Drahtstück, mit einer geladenen Leydener Flasche und brachte in die Richtung des ersten Drahtes einen zweiten, welcher

---

[3]) Wied. Ann. Bd. 40, p. 640. 1890. [4]) Phil. Mag. Bd. 33, p. 299. 1892. [5]) Wied. Ann. Bd. 40, p. 53, 55. 1890. Bd. 42, p. 154. 1891. Rubens. Wied. Ann. Bd. 42, p. 154. 1891. [6]) siehe 3.

zur Erde abgeleitet war, in solcher Entfernung an, dass gerade keine Funken von dem geladenen ersten Draht auf den zweiten übersprangen. Wurden jedoch elektrische Wellen erregt, so traten die kleinen sekundären Funken auf, welche eine leitende Brücke bildeten, so dass eine Entladung eintreten konnte. War die Leydener Flasche mit einem Elektroskop verbunden, so ging der Ausschlag, welcher die vorhandene Elektrizität anzeigte, in dem Moment, in welchem elektrische Wellen erregt wurden, zurück. Boltzmann[7]) traf eine ganz ähnliche Anordnung. Dragoumis[8]), Lecher[9]), Zehnder[10]) und Arons[11]) experimentierten mit Geissler-Röhren, welche unter dem Einflusse kräftiger elektrischer Wellen aufleuchten. Zehnder versetzte die Funkenstrecke des sekundären Leiters in eine Geissler-Röhre, und brachte diese durch eine von den sekundären Funken eingeleitete Entladung eines Hochspannungsakkumulators zum hellen Aufleuchten in dem Moment, in welchem elektrische Wellen erregt wurden. Durch alle diese Methoden lassen sich jedoch nur auf eine Entfernung von etlichen Metern die elektrischen Wellen nachweisen. Da fand Branly[12]) (1890), dass Metallfeilicht, welches für gewöhnlich den elektrischen Strom so viel wie gar nicht leitet, unter dem Einflusse elektrischer Wellen dauernd zu einem sehr guten Leiter wird. Erst infolge von Erschütterungen verschwindet die Leitfähigkeit. Uebrigens hatte schon 1866 Varley eine ähnliche Beobachtung gemacht. Lodge[13]) nannte diese Vorrichtung zum Nachweis elektrischer Wellen „coherer". Ein solcher Kohärer kann in der Weise hergestellt werden, dass man in eine Glasröhre Metallfeilicht, eiserne Schrauben, Nägel u. dgl. bringt und die Röhre mit zwei Stopfen verschliesst, durch welche Drähte in das Innere der Röhre führen. Lodge vermutete, dass die an der Oberfläche befindlichen Metallatome infolge der auftretenden elektrischen Spannungen die trennende Oxydschichte an gewissen Stellen zerstören und metallische Kontakte bilden, die einzelnen Teilchen also „kohärenter" werden. Branly selbst dachte sich den

---

[7]) Wied. Ann. Bd. 40, p. 399. 1890. [8]) Nat. Bd. 39, p. 548. 1889. [9]) Wied. Ann Bd. 41, p. 850, 857. 1890. [10]) Wied. Ann. Bd. 47, p. 78. 1892. [11]) Bd. 45, p. 381, 553. 1892. [12]) Compt. rend. 111, p. 785. 1890. [13]) Phil. Mag. Jan. 1894.

Vorgang derart, dass unter dem Einflusse der elektrischen Wellen die Leitfähigkeit des zwischen den einzelnen Teilchen befindlichen Mediums „modifiziert" werde. Auerbach[14]) zeigte, dass akustische Wellen ebenso wie elektrische eine bleibende Verringerung des elektrischen Kontaktwiderstandes herbeiführen. Er dachte sich daher, dass auch elektrische Schwingungen in den einzelnen Teilchen des Kohärers mechanische Schwingungen hervorrufen, so dass die Teilchen sich einander nähern. Branly und Aschkinass[15]) fanden, dass die durch elektrische Wellen hervorgerufene Leitfähigkeit auch beim Erwärmen verschwindet. Th. Tomassina[16]) zeigte, dass das Gleiche ein in die Nähe des Kohärers gebrachter Magnet bewirkt, falls Feilspäne von Nickel oder Stahl genommen werden. Derselbe hat gezeigt, dass unter dem Einflusse elektrischer Wellen thatsächlich Metallfeilspäne aneinander schmelzen können, wodurch die dabei erreichte hohe Leitfähigkeit zu erklären ist. Dass infolge von Erschütterungen und Erwärmen die Leitfähigkeit wieder verschwindet, erklärt sich dann damit, dass die feinen Verbindungen hiedurch zerstört werden.

Mit einem solchen Kohärer lassen sich elektrische Wellen, wenn die Erregerschwingung sehr kräftig ist, bis auf etwa 100 m direkt nachweisen, indem man den Kohärer in den Stromkreis eines galvanischen Elements und eines Galvanometers einschaltet. Anfangs geht kein Strom durch den Kohärer, die Galvanometernadel bleibt in Ruhe; sobald aber elektrische Wellen erregt werden und den Kohärerstromkreis treffen, tritt Stromleitung ein und die Nadel des Galvanometers gibt einen Ausschlag. Verbindet man den einen Pol des Wellenerregers, etwa die eine von den inneren Kugeln eines Righischen Radiators, in der Aufgabestation durch einen Draht mit der Erde und die andere Kugel mit einem 20—50 m langen Draht, welcher senkrecht in die Luft ragt und ferner den einen Zuleitungsdraht des Kohärers auf der Empfangstation mit der Erde, und legt an den andern eben-

---

14) Wied. Ann. Bd. 64, p. 611. 15) Wied. Ann. Bd. 66, p. 301. 16) Nuov. Cim. Bd. 10, p. 223—227. 1899. Wied. Ann. Beibl. 1900, Nr. 9 p. 209.

falls einen 20—50 m langen Draht an, welcher in die Luft ragt, so lassen sich elektrische Wellen auf eine Entfernung von vielen Kilometern nachweisen. Diese Anordnung wurde von dem italienischen Ingenieur Marconi getroffen und bildet den wesentlichsten Bestandteil seines Systems, mit elektrischen Wellen zu telegraphieren. Es hat sich bei verschiedenen Versuchen gezeigt, dass die Wellen auf eine um so grössere Entfernung wirksam sind, je länger die an den Radiator und den Kohärer angeschlossenen Drähte sind. Bei einer Drahtlänge von 50 m konnte auf dem Meere bis auf 15 km zwischen Penard und Brean Down über den Bristolkanal hinüber[17]) eine Wellenwirkung deutlich nachgewiesen werden, hier war also die Entfernung 300 mal so gross als die Länge der Drähte; bei Landversuchen war die erreichbare Entfernung nur etwa 70[18]) mal so gross als die Länge der Drähte. In Berlin wurde bis auf 21 und in Spezia bis auf 35 km unter Anwendung dieser Methode Wellenwirkung nachgewiesen. Prof. Slaby, Berlin, hängt die Drähte an einen Luftballon, um dieselben möglichst hoch in die Luft führen zu können.

Die Wirkungsweise dieser Drähte ist die, dass bei der Wellenerregung zunächst Wellen längs des ganzen Drahtes entstehen und dann um diesen rings herum in Cylinderwellen nach allen Richtungen sich ausbreiten, welche bei der Anwesenheit eines hohen Auffangdrahtes an der Empfangstation besonders die Richtung zwischen den beiden Drähten einschlagen.

Um nun wirklich telegraphieren, das heisst eine Reihe einzelner Zeichen übermitteln zu können, kann der Branlysche Kohärer nicht so, wie er ist, verwendet werden; man braucht noch einen Hilfsapparat. Denn sobald der erste Wellenzug angekommen ist, wird der Kohärer leitend und bleibt auch dann noch leitend, wenn die Wellen aufgehört haben zu wirken. Kommt nun ein weiterer Wellenzug an, so bringt dieser keine weitere Wirkung auf den Kohärer hervor, weil dieser ja von der ersten Wellenwirkung

---

17) Jahrbuch der Naturwissensch. 13. p. 71. 18) Grätz, Die Elektrizität, p. 558.

her schon zum Stromleiter geworden ist. Man verbindet daher den Kohärer mit einem Klopfer, welcher dem Kohärer einen Schlag erteilt, kurz nachdem derselbe unter dem Einfluss der Wellen leitend geworden ist. Durch diese Erschütterung kehrt der Kohärer in den Zustand seiner Leitungsunfähigkeit zurück, und kann nun durch weitere Wellen wieder erregt werden, worauf sich dasselbe wiederholt wie oben. In der Empfangsstation ist eine Batterie, der Kohärer und ein Relais mit einander zu einem Stromkreis verbunden. Durch das Relais werden die Morsezeichen direkt aufgeschrieben; durch dasselbe wird zugleich ein weiterer Stromkreis geschlossen, der durch einen darin eingeschlossenen Elektromagneten einen kleinen Hammer in Bewegung setzt, der mitten vor der Glasröhre, in welcher sich die Kohärerfeilspäne befinden, angebracht ist. Der Kohärer wird nach Prof. Slaby, welcher verschiedene Vereinfachungen an dem ursprünglich noch viel komplizierteren Empfangsapparat vorgenommen hat, mit Pulver aus Walznickel beschickt. Werden nun an der Geberstation nur einen Moment lang Wellen erregt, so zeichnet der Empfänger einen Punkt, werden längere Zeit Wellen erregt, so zeichnet er mehrere eng aneinander liegende Punkte, welche zu einem Strich zusammenlaufen, so dass es möglich ist, Morsezeichen zu übertragen. Das sichere Funktionieren des Apparats hängt sehr viel vom Klopfwerk ab. Wäre es daher möglich einen Kohärer zu finden, welcher bei gleicher Empfindlichkeit rasch von selber in seinen früheren Zustand zurückkehrt, und auf längere Zeit funktionsfähig bleibt, so wäre damit ein grosser Vorteil erreicht.

Th. Tommasina beschreibt in dem 31. Heft der „Physikalischen Zeitschrift", Mai 1900, einen Kohlenpulverkohärer, welcher ebenso wirkt, wie der Metallpulverkohärer, dabei aber ohne Erschütterung seine Leitfähigkeit wieder von selbst verliert. Er konnte jedoch bisher die Stromänderung nur mit dem Telephon gut nachweisen, das statt des Galvanometers in den Kohärerstromkreis eingeschaltet wird; das Uebertragen von Morsezeichen ist noch nicht gelungen.

Meine Methode, elektrische Wellen nachzuweisen, hat

nun die Eigenschaft, dass die von elektrischen Wellen im Empfänger hervorgerufene Widerstandsänderung von selbst in den früheren Zustand zurückkehren kann, wobei die Aenderung der Leitfähigkeit mit dem Galvanometer leicht nachzuweisen ist. Die elektrischen Wellen bewirken dabei eine Verkleinerung des Ausschlages, es tritt also gerade das Umgekehrte von dem ein, was bei dem Branlyschen Kohärer eintritt.

Der Empfänger, den ich elektolytischen Kohärer nennen will, kann dadurch hergestellt werden, dass man die Belegung eines Silberspiegels durchschneidet, den Spiegel, ein galvanisches Element und ein Galvanometer zu einem Stromkreis zusammenschaltet, dann den Spiegel behaucht, bis sich ein Ausschlag der Galvanometernadel zeigt.

Wirken auf diese Vorrichtung elektrische Wellen ein, so geht der Ausschlag des Galvanometers zurück und nach der Wellenwirkung wieder von selber vor. Dabei brauchen die beiden Belegungen des Spiegels, die Elektroden des Kohärers, nicht gerade aus Silber zu sein, sie können auch aus Zinn (Stanniol) oder Kupfer (unechtes Blattgold) bestehen. Allgemein hat sich gezeigt, dass diese Erscheinung eintritt, wenn sich in dem zwischen den beiden Elektroden befindlichen Spalte infolge der Elektrolyse der auf den Kohärer gebrachten Flüssigkeit Metall in Bäumchenform ausscheiden kann. Die Vorgänge vor, während und nach der Wellenwirkung können mittels eines Mikroskopes beobachtet werden. Behaucht man einen Silberspiegelkohärer, so schlägt sich zunächst Wasserdampf auf dem Spiegel und der Glasoberfläche zwischen den Elektroden nieder. Schliesst man dann den Strom, so scheiden sich an der Kathodenseite infolge der eintretenden Elektrolyse Bäumchen krystallinischen Silbers aus. Durch diese Metallablagerungen während der Elektrolyse wird die gute Leitfähigkeit des Kohärers hervorgebracht, indem der Strom einen um so geringeren Weg durch den Elektrolyten zu nehmen hat, je länger und je zahlreicher die Bäumchen sind. Eine geringe Feuchtigkeit genügt, um die Stromleitung, wenn einmal die Bäumchen vorhanden sind, aufrecht zu erhalten. Der Widerstand eines solchen Kohärers

beträgtdurchschnittlich 40 Ohm, bei der Einwirkung der Wellen steigt er auf 80—90 000 Ohm. Sorgt man dafür, dass die Bäumchen sehr dünn sind und an der Oberfläche der Kohärerflüssigkeit sich ausscheiden, so sieht man, wie unter dem Einflusse kräftiger elektrischer Wellen, welche von einem grossen Induktorium in einer Entfernung von etwa 2 m erregt werden, plötzlich die ganze Gegend um die Enden eines Silberbäumchens und die gegenüberliegende Anodenseite hell aufleuchtet. Zugleich lösen sich die äussersten Enden der Bäumchen auf und an der Anode verschwindet ein Teil des Silbers. Zugleich mit diesen Vorgängen geht die Galvanometernadel zurück. Hört die Einwirkung der Wellen auf, so bilden sich, wenn noch genügende Feuchtigkeit vorhanden ist, neue Bäumchen, welche die abgerissenen Stücke miteinander verbinden und so das ursprüngliche leitende System wiederherstellen. Das Auftreten der Lichterscheinungen und der deutlich sichtbaren Zerstörungserscheinungen ist abhängig von der Menge der auf dem Kohärer vorhandenen Flüssigkeit. Bei relativ sehr dicker Schicht, etwa einem Millimeter, treten die Lichterscheinungen ganz zurück, dagegen ist es interessant zu sehen, wie hiebei die Bäumchen unter Umständen unter dem Einflusse der elektrischen Wellen momentan in lauter kleine Stücke zerfallen, die dann lebhaft hin und her vibrieren. Befindet sich auf dem Kohärer nur äusserst wenig Feuchtigkeit, so ist für gewöhnlich weder von Funken noch von Bewegungserscheinungen etwas zu sehen, nur dann und wann zeigt sich an der einen oder anderen Stelle ein Verschwinden des Silbers, woraus geschlossen werden darf, dass die Vorgänge in diesem Falle im wesentlichen dieselben sind, wie bei den Kohärern mit einer grösseren Menge Feuchtigkeit. Ganz analoge Erscheinungen erhält man, wenn man nicht Silberelektroden, sondern Platinelektroden verwendet und auf den Kohärerspalt Lösungen geeigneter Salze, wie Silbernitrat, Goldchlorid u. s. w. bringt und elektrolysiert. Werden die Salze des Silbers nicht im feuchten, sondern im geschmolzenen Zustande elektrolysiert, so erhält man ebenfalls einen Kohärer, der auf gleiche Weise wie der feuchte auf elektrische Wellen reagiert.

Es frägt sich nun, ob diese Methode die genügende Empfindlichkeit, Dauerhaftigkeit uud Sicherheit besitzt, welche zu einer praktischen Verwendung in der Telegraphie erforderlich sind. Die Versuche, welche hierüber von mir angestellt wurden, sollen in folgendem beschrieben werden.

Bei den früheren Versuchen war mit einem grösseren Induktorium, welches 120 mm maximaler Funkenlänge, in Luft gemessen, lieferte, und in Entfernungen bis auf höchstens 10 m gearbeitet worden. Zu den weiteren Versuchen wurde nur ein sehr kleiner Induktionsapparat benutzt, der in Luft Funken von 2—3 mm Länge lieferte. Diess geschah deshalb, um auf den Kohärer Wellen von ungefähr solcher Intensität fallen zu lassen, wie sie etwa an einem Kohärer im praktischen Fall bei grosser Entfernung und kräftigen Wellen ankommen. Der Wellenerreger bestand aus zwei Messingkugeln, welche direkt an die Pole des Induktionsapparates angeschlossen waren. Die Funken sprangen in Petroleum über. Um die Empfindlichkeit dieser Kohärer mit jener der Metallfeilichtkohärer vergleichen zu können, wurde ein Nickelfeilichtkohärer der Einwirkung der schwachen elektrischen Wellen ausgesetzt. Es zeigte sich, dass bei einer Entfernung von 2 m keine Kohärerwirkung mehr eintrat, bei 1 m 50 cm Entfernung betrug der Ausschlag eines Galvanometers, dessen Reduktionsfaktor $K = 0,15$ war, 10 Grad, bei 1 m 30 cm war er 18 Grad und bei 1 m Entfernung meist sehr gross. Dabei wurden absichtlich weder die Pole des Erregers noch des Kohärers mit den marconischen Drähten verbunden um die Empfindlichkeit unter möglichst wenig günstigen Verhältnissen bestimmen zu können. Dasselbe geschah natürlich auch bei allen weiteren Versuchen mit dem neuen Kohärer. Die Empfindlichkeit selbst wurde gemessen durch die Aenderung des Galvanometerausschlages während der Einwirkung der Wellen und zwar bei kurzer Einwirkung durch den ersten Ausschlag während der Wellenwirkung.

Es wurden Versuche angestellt mit dem Silberspiegelkohärer, sowie mit solchen, bei denen eine Salzlösung zwischen zwei Platinelektroden aufgetragen wurde, wobei das

Salz sowohl im feuchten als im geschmolzenen Zustande der Elektrolyse unterworfen wurde.

Das allgemeine Verhalten der Silberspiegelkohärer war folgendes. Wurde die Belegung eines Silberspiegels von 2 cm Länge und Breite in der Mitte durchschnitten und der Spiegel mit dem oben beschriebenen Galvanometer in den Stromkreis eines Trockenelementes von 0,72 Ampère und 1,12 Volt eingeschaltet, behaucht und ein mit Ammoniak befeuchtetes Blatt Papier genähert, so zeigte sich sehr bald ein Ausschlag, welcher, wenn er einmal erschienen war, rasch zunahm und meist auch dann noch grösser wurde, wenn die auf dem Spalt kondensierte Flüssigkeit soweit verdunstet war, dass von ihr nichts mehr zu sehen war. Schliesslich nahm die Nadel eine Ruhelage ein, die jedoch nicht bei allen Kohärern konstant blieb, sondern bei manchen ging der Ausschlag nach kurzer Zeit bald wieder vor, bald zurück, bei manchen wollte die Nadel gar nicht zur Ruhe kommen. Solche Kohärer wurden von den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen, da die eigenen Schwankungen die Wirkung der Wellen verdecken konnten. Hatte ein brauchbarer Kohärer seine erste Ruhelage bei einem mittleren Ausschlag von etwa 30^0 erreicht und wurden sobald als möglich in einer Entfernung von etwa 1 m mit obigem Wellenerreger elektrische Wellen erregt, so ging der Ausschlag bei kurzer Einwirkung ($^1/_5$ sc.) im allgemeinen bedeutend (um 20—25 Grad) zurück, bei längerer Einwirkung stellte sich die Nadel auf Null ein. Nach der Bestrahlung ging der Ausschlag rasch vor, und nahm eine Ruhelage ein, die wenig von der früheren verschieden war; gewöhnlich war unter diesen Verhältnissen der Ausschlag, auf dem sich die Nadel wieder einstellte, etwas kleiner, als er zuvor war. Die Nadel ging dann allmählich vor und erreichte nach etlichen Sekunden den ursprünglichen Ausschlag. Wurde der Versuch bei gleicher Entfernung und gleicher Dauer der Einwirkung wiederholt, so zeigte sich dasselbe wie das erste Mal. Mit der Zeit jedoch, nach etwa 20—30 Wiederholungen traten Störungen[19]) ein, indem der

[19]) Dasgleiche beschreibt A. Aschkinass, Wied. Ann. 67, p. 842. 1899 in einer Ergänzung zu meiner Veröffentlichung.

Ausschlag während der Wellenwirkung nicht mehr so weit wie sonst zurück ging; schliesslich kam es soweit, dass sich der Ausschlag durch die Einwirkung der Wellen überhaupt nicht mehr änderte. Erst beim Nähern des Wellenerregers ging der Ausschlag wieder zurück. Bei weiterer Wiederholung stellte sich jedoch sehr bald abermalige Unempfindlichkeit ein.

Um überhaupt wieder eine Wirkung zu erzielen, musste der Wellenerreger dem Kohärer sehr weit, auf 1 dm, genähert werden. Dann aber ging der Ausschlag meist bis auf Null zurück und die Nadel ging nachher nur mehr wenig (um 7—8^0) vor und erreichte erst nach vielen (70—80) Minuten einen grösseren Ausschlag. Das Vorwärtsgehen war übrigens meistens kein allmähliches, sondern gewöhnlich ein sprungweises. Wurde nicht so lange gewartet, sondern wurden gleich nach der Einstellung Wellen erregt, so brachten Wellen aus relativ grosser Entfernung, aus Entfernungen, in denen vorher die Wellen nicht mehr gewirkt hatten, einen deutlichen Ausschlag hervor. Manchmal trat auch der eigentümliche Fall ein, dass die Nadel beim Vorwärtsgehen nach der Wellenwirkung sich auf einen Punkt einstellte, der um 1—2 Grad über die ursprüngliche Ruhelage hinaus war, dann aber war die Empfindlichkeit geringer als zuvor.

Da nun die Kohärer anfangs gut empfindlich waren und erst mit der Zeit unempfindlich wurden, also während sie vom Strome durchflossen waren und im Kohärer beständig elektrolytische Vorgänge stattfinden mussten, so war zu vermuten, dass die mit der Zeit eintretende Unempfindlichkeit davon herrührt, dass die Metallbäumchen, welche die gute Leitfähigkeit des Kohärers bedingten, zu dick oder zu zahlreich wurden und dann von den Wellen nicht mehr zerstört werden konnten. Es musste dann ein Kohärer um so empfindlicher sein, je feiner und je weniger zahlreich die Metallbäumchen in ihm waren, wenigstens musste dies der Fall sein bei der allerersten Einwirkung der Wellen. War dies ferner die einzige Ursache der Unempfindlichkeit, so musste bei einer gewissen Menge des auf den Kohärerspalt gebrachten Elektrolyten und bestimmter Stromquelle die Unempfindlich-

keit nach einer ganz bestimmten Zeit eintreten, nämlich dann, wenn die Bäumchen für eine gewisse Intensität zu dick geworden waren, und zwar musste die Zeit, welche dazu nötig war, am kürzesten sein, wenn die Elektrolyse ungestört verlaufen konnte, also wenn während dessen auf den Kohärer keine Wellen gewirkt haben; war aber der Kohärer der Einwirkung elektrischer Wellen ausgesetzt, so durfte der Moment der Unempfindlichkeit erst später, niemals früher eintreten. Ferner musste dieser Moment um so weiter hinausgeschoben werden können, je langsamer die Elektrolyse zu verlaufen gezwungen wurde. War jedoch in einem gegebenen Falle Unempfindlichkeit eingetreten, so musste sie dadurch beseitigt werden können, dass auf irgend eine Weise die zu kräftig gewordenen Bäumchen zerstört wurden.

Es handelt sich also zunächst darum, Kohärer herzustellen, bei denen die Bäumchen verschieden dick waren. Da die Menge des während der Elektrolyse ausgeschiedenen Metalles abhängt von der Dauer der Elektrolyse und der Intensität des elektrischen Stromes, ferner von der Grösse des elektrochemischen Aequivalentes und die Elektrolyse noch von der Stromdichte beeinflusst wird, so wären alle diese Faktoren zu variieren gewesen. Da die Form der Elektroden nicht geändert werden konnte, falls die Vorgänge unter dem Mikroskope zu verfolgen sein sollten, und ferner die zu den Versuchen am besten geeigneten Gold- und Silbersalze an und für sich einen beträchtlichen Unterschied in dem chemischen Aequivalenzgewicht ($^1/_3$. 196,7 und 107,66) besassen, so war hauptsächlich die Zeit und die Stromstärke variierbar. Letzteres konnte ausser durch Aenderung der Stromquelle auch durch Aenderung der Konzentration des Elektrolyten und der dadurch beeinflussten Leitfähigkeit erreicht werden. Da Angaben über die Konzentration der in einem Silberspiegelkohärer befindlichen Flüssigkeit nicht gemacht werden konnten, so wurden die diesbezüglichen Versuche zunächst mit Goldchloridlösung angestellt. Verwendet wurde eine 10 % wässerige Goldchloridlösung und deren weitere Verdünnungen. Dabei wurde dafür gesorgt, dass auf jeden Kohärer ein möglichst gleich grosser Tropfen gebracht wurde. Es zeigte sich,

dass erst bei sehr stark verdünnten Lösungen empfindliche Kohärer erhalten werden konnten, während bei stärkerer Konzentration die Kohärer nahezu unempfindlich waren. Die besten Resultate wurden dadurch erzielt, dass eine sehr kleine Menge der 10% Lösung und ein bedeutend grösserer Tropfen Alkohol auf die Kohärerplatte gebracht wurde. Der Alkohol mischte sich dann mit der Salzlösung, zerfloss und breitete sich über die ganze Platte aus. Nach dem Verdunsten blieb das Goldchlorid in sehr fein verteilten, kleinen Krystallen zurück. Das Verdunsten wurde ausserdem durch schwaches Erwärmen beschleunigt und vervollständigt. Wurde ein solcher Kohärer, so lange er noch warm war, eingeschaltet, so zeigte sich zunächst kein Ausschlag. Nach einiger Zeit zog jedoch das stark hygroskopische Goldchlorid Feuchtigkeit aus der Luft an sich und zerfloss; aus dieser Flüssigkeitsschicht schieden sich dann sehr feine Bäumchen aus, und der Kohärer war hochempfindlich. Es kamen Fälle vor, bei denen die Nadel bis auf Null zurückging bei einem ursprünglichen Ausschlag von 45 Grad und einer $1\frac{1}{2}$ m grossen Entfernung des Wellenerregers bei ganz kurzer Einwirkung. Damit war nachgewiesen, dass die Dicke der Metallbäumchen für die Empfindlichkeit des Kohärers von grosser Bedeutung ist.

Bei diesen Versuchen war die Stärke der Bäumchen bestimmt durch die Menge des während einer ganz kurzen Zeit zersetzten Elektrolyten. Wurde ein solcher Kohärer nicht dann, wenn sich zum erstenmale ein Ruhepunkt des Ausschlages gebildet hatte, sondern erst nach längerer Zeit (2—3 Minuten) dem Einfluss elektrischer Wellen ausgesetzt, so ging zwar während dieser Zeit im allgemeinen der Ausschlag nicht mehr viel weiter vorwärts, aber der Kohärer war sehr unempfindlich. Wurde dann durch Wellen aus sehr grosser Nähe der Ausschlag zum retourgehen gebracht, so ging er nachher nur mehr sehr wenig vor, unter Umständen und nach einigen Wiederholungen des Versuchs blieb der Ausschlag auf Null stehen und konnte, wenn der Kohärer lange unter Strom war, auch durch direktes Behauchen nicht mehr hergestellt werden. Dieser Fall dürfte darin seine Erklärung finden, dass durch die lange dauernde

Elektrolyse alles Salz zersetzt und nach der Zerstörung der Bäumchen durch kräftige Wellen kein Elektrolyt mehr vorhanden war, aus dem sich neue Bäumchen hätten bilden können

Da nun infolge der allmählich eintretenden Erschöpfung des Elektrolyten die Lebensdauer eines Goldchloridkohärers unter den gewöhnlichen Verhältnissen nur eine geringe war, so wurde wieder zu den Silberspiegelkohärern zurückgegangen. Bei diesen war eine Erschöpfung in obigem Sinne ausgeschlossen, da die Elektroden, indem sie während der elektrolytischen Vorgänge in Lösung gingen, selbst den Elektrolyten lieferten. Aber gerade dieser Umstand brachte neue Schwierigkeiten.

Es handelte sich wieder zunächst darum, Kohärer mit möglichst feinen Bäumchen zu erhalten. Da über die Konzentration der Kohärerflüssigkeit keine Angaben gemacht werden konnten, so wurden durch Probieren die geeignetsten Umstände ausfindig gemacht, um möglichst feine Bäumchen zu bekommen. Aufschluss über die jedesmal erzielten Bäumchen gab das Mikroskop. Es zeigte sich zunächst, dass es nicht gleichgültig war, welche Sorte von Silberspiegeln zu den Kohärern verwendet wurde. Bei frisch hergestellten Spiegeln schied sich das Silber leichter aus als bei altem, hart gewordenen Silber. Durch Behauchen und gleichzeitiges Annähern eines mit Ammoniak befeuchteten Papieres konnten Bäumchen erhalten werden, deren Enden sehr zart und zahlreich waren. Die feinsten Bäumchen erhielt ich auf folgende Art. Der Spiegel wurde eingeschaltet und mit absolutem Alkohol übergossen. Dabei zeigte sich noch kein Ausschlag im Galvanometer. Wenn der Alkohol so weit verdunstet war, dass nur noch eine ganz dünne Schicht vorhanden war, wurde ein mit Ammoniak befeuchtetes Papier genähert; sogleich zeigte das Galvanometer einen Ausschlag. Dann wurde der Strom rasch unterbrochen. Wurde der Strom gerade zur rechten Zeit geöffnet oder wurde das Verdunsten des Alkohols, nachdem er Ammoniak- und Wasserdämpfe in sich aufgenommen hatte, durch Zufächeln von Luft in geeigneter Weise beschleunigt, so konnten Bäumchen erhalten werden, welche gerade bis an die Anodenseite reichten und dort ihre dünnsten

Aeste hatten. Es ergab sich auch hier, dass gerade diejenigen Kohärer, welche die feinsten Bäumchen hatten, im allgemeinen auch die grösste Anfangsempfindlichkeit hatten; jedoch kamen auch Fälle vor, dass Kohärer, welche überaus feine Bäumchen hatten, dennoch weniger empfindlich waren, als Kohärer mit gröberen Bäumchen. In diesem Falle waren jedoch die Bäumchen überaus zahlreich, während ihrer in den andern Kohärern nur zwei bis drei waren. Bei den durch Behauchen hergestellten Kohärern sind durchschnittlich die Bäumchen weniger zahlreich als bei den auf obige Art hergestellten Kohärern, was wohl darin seinen Grund hat, dass im ersten Falle bloss Flüssigkeitströpfchen, in letzterem aber eine zusammenhängende Flüssigkeitsschicht sich auf dem Kohärer befindet. Soll der Kohärer hoch empfindlich werden, so ist es am besten, wenn man den gewünschten Ausschlag nicht auf einmal, sondern erst nach mehreren Stromunterbrechungen und wiederholtem schwachen Behauchen anwachsen lässt. Ist der Ausschlag erreicht, so unterbricht man den Strom abermals und bringt die überflüssige Feuchtigkeit durch Zufächeln von Luft so viel als möglich zum Verdunsten. Mit diesem Verfahren war es möglich, Kohärer herzustellen, welche bei einem Ausschlag von 45^0 und einer Entfernung des Wellenerregers von 2 m um 15—20^0 zurückgingen. Wurde jedoch bei der Herstellung der Kohärer, nachdem sich ein Ausschlag gezeigt, unter Strom gelassen, so nahm der Ausschlag nach längerer Zeit zu, und der Kohärer war um so unempfindlicher, je länger er vom Anfang an gerechnet unter Strom gewesen war. Dies gilt jedoch nur für den Anfang. Wurde dagegen ein nach obigem Verfahren hergestellter, fertiger Kohärer, dessen Empfindlichkeit aus vorhergehenden Versuchen bekannt war, sich selbst überlassen, während er vom Strome durchflossen war, so war selbst nach langer Zeit (4—10 Stunden) weder eine Aenderung des Ausschlages noch der Empfindlichkeit bemerkbar; dabei befand sich der Kohärer in einem Glasgefäss, welches mit einem Gummistopfen verschlossen war. Letzteres geschah zum Schutze gegen äussere Einflüsse; wurde diese Vorsichts-

massregel nicht angewendet, so zeigte sich gewöhnlich nach längerer Zeit der Ausschlag vergrössert und die Empfindlichkeit verringert. Dass ein nach der oben angegebenen Art fertiggestellter Kohärer, wenn er einmal fertig und gegen äussere Einflüsse geschützt war, bei längerem Stromdurchgang seinen Ausschlag nicht änderte, kann darin seine Erklärung finden, dass schon bei der Herstellung das in Lösung vorhandene Silber zum grössten Teil ausgeschieden wurde, so dass selbst bei lange dauernder Elektrolyse nur wenig Silber mehr sich ausscheiden und so die Leitfähigkeit vermehren konnte. Dass überhaupt einedauernde Leitfähigkeit möglich war, kann von den Flüssigkeitsspuren herrühren, welche auf dem Glase zwischen den äussersten Enden der Bäumchen und der Anode sich befanden. Dass letzteres der Fall war, dafür spricht der Versuch, dass der fragliche Ausschlag zurückgeht, wenn man den Kohärer in ein verschliessbares Gefäss bringt, in welchem sich Phosphorsäureanhydrit befindet. Es verdunsten dann nämlich in der durch das Anhydrit ausgetrockneten Luft auch die letzten Spuren der leitenden Flüssigkeit. So waren die Verhältnisse, als nur die Anfangsempfindlichkeit in Betracht gezogen wurde.

Wurde dagegen der Kohärer längere Zeit der Einwirkung der elektrischen Wellen ausgesetzt, so trat Unempfindlichkeit ein und zwar um so rascher, je grösser die Intensität und je länger die Dauer der Wellenwirkungen war, dabei war jedoch der Wellenerreger immer noch so weit vom Kohärer entfernt, dass es dem Ausschlag noch möglich war, nach der Wellenwirkung seine ursprüngliche Grösse anzunehmen. Dieser Vorgang scheint nicht gut mit der obigen Ansicht über die Empfindlichkeit der Kohärer übereinzustimmen. Betrachtet man die Bäumchen unter dem Mikroskop, so sieht man, dass dort, wo sie die Anode berühren, die Anode selbst angegriffen ist und eine Lücke hat. Das Silber ist bei der Elektrolyse in Lösung gegangen und hat das Material zu den Bäumchen geliefert. Die Bäumchen sind dann in diese Lücke hineingewachsen. Diese Zuwüchse der Bäumchen sind dann, soweit sie in der Lücke liegen, bedeutend dicker als jene Aestchen, welche ausserhalb derselben liegen. Solche Lücken treten schon

bei der ersten Herstellung auf. Dabei kann der Kohärer anfangs noch gut empfindlich sein. Aus früheren Versuchen ist bekannt, dass solche Lücken auch während der Einwirkung der elektrischen Wellen entstehen. Dabei geht das Silber in Lösung und aus dieser Lösung scheiden sich dann weitere Bäumchen aus. Dieser Vorgang ist allerdings nur bei Verwendung sehr kräftiger Wellen direkt beobachtbar. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass dasselbe auch unter kleineren Verhältnissen stattfindet. Dann wäre die unter der Einwirkung der Wellen eintretende Unempfindlichkeit in der Weise zu erklären, dass infolge der Wellenwirkung an den äussersten Enden der Bäumchen und an der Anode Silber losgerissen wird und in Lösung geht. Solange die Wellen wirken, treten fortwährend Zerstörungen auf, welche die Entfernung der Anodenseite von den Bäumchenenden immer vergrössern und deshalb auch den Widerstand erhöhen. Nach der Wellenwirkung kommt jedoch die Elektrolyse zur Geltung und scheidet aus der entstandenen Lösung Silber aus. Da jedoch die Silberlösung bei der geringen Menge der vorhandenen Flüssigkeit stark koncentriert sein wird und das Silber sich nicht als Fläche, sondern als prismatische Verlängerung des vorhandenen Bäumchens ausscheidet, so muss diese Ausscheidung verhältnismässig sehr dick werden, und kann dann von den weiteren Wellen nur mehr weniger stark angegriffen werden als zuvor, es tritt daher eine weniger grosse Trennung der Elektroden und dementsprechend eine geringere Widerstandserhöhung ein. Dabei ist es sehr wahrscheinlich, dass erst nach oftmaliger Wiederholung dieser Vorgang zur Geltung kommt. Leider konnte ich den Vorgang nicht mit dem Mikroskop verfolgen, da ich mit dem Instrument, welches mir zur Verfügung stand, nur bis zu einer 500fachen Vergrösserung gehen konnte, was für den vorliegenden Fall zu wenig war.

Versuche, welche den Zweck hatten, bei einem unempfindlich gewordenen Kohärer die Empfindlichkeit dadurch wieder herzustellen, dass die zu dick gewordenen Bäumchen durch chemische Kräfte teilweise zerstört werden sollten, verliefen resultatlos. So wurde ein derartiger Kohärer in

ein Gefäss gebracht, auf dessen Boden sich rauchende Salpetersäure befand. Anfangs ging der Ausschlag vorwärts, was wohl davon herrührt, dass die Salpetersäuredämpfe von der Kohärerflüssigkeit absorbiert wurden, welche deshalb den Strom besser leitete als zuvor. Dann aber ging der Ausschlag rasch zurück und kehrte nicht wieder. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigte der Kohärer nur mehr Spuren von den ursprünglichen Bäumchen. Wurde statt der rauchenden Salpetersäure gewöhnliche Salpetersäure und verschiedene Verdünnungen angewendet, so trat mit der Zeit dasselbe ein. Der Kohärer zeigte erst dann, wenn der Ausschlag bedeutend abgenommen hatte, eine erhöhte Empfindlichkeit. Wurde derselbe in diesem Moment an die Luft gebracht, um ihn den weiteren Zerstörungen zu entziehen, so ging der Ausschlag gewöhnlich wieder sehr stark vorwärts und nahm eine Stellung ein, die sich unter dem Einflusse der elektrischen Wellen nur unbedeutend änderte. Dies rührt davon her, dass von der auf dem Kohärer befindlichen Säure sehr viel Silber gelöst wurde, das sich bei ungestörter Elektrolyse in dicken Bäumchen ausschied.

Bei weiteren Versuchen wurde der Kohärer in eine Atmosphäre von sehr geringem Feuchtigkeitsgrad gebracht, um dadurch die Kohärerflüssigkeit soweit zum Verdunsten zu bringen, dass die elektrolytische Leitung und damit auch die Metallausscheidungen auf ein Minimum herabgedrückt werden. Zu dem Zweck wurde der Kohärer in ein Gefäss eingeschlossen, das mit einem Exsikator und mit der freien Luft in Verbindung gesetzt werden konnte. Wurde der Kohärerraum mit dem Exsikator in Verbindung gesetzt und von der Luft abgeschlossen, so ging der Ausschlag langsam vollkommen zurück und blieb auf Null. Wurde die Verbindung mit dem Exsikator abgeschlossen, dagegen die Verbindung mit der äusseren feuchten Luft hergestellt, so ging der Ausschlag wieder vor, indem sich neue Feuchtigkeit kondensierte. Durch geeignetes Kombinieren beider Operationen konnte ein Ausschlag erhalten werden, welcher sich dauernder erhielt, wenn der Kohärerraum völlig abgeschlossen wurde. Dabei zeigten im allgemeinen die Kohärer auf mehrere

Tage eine gleichbleibende Empfindlichkeit. Allerdings traten in manchen Fällen Unregelmässigkeiten ein, indem der Ausschlag sich mit der Zeit von selbst änderte, was wohl zum grössten Teil auf die mangelhaften Verschlüsse zurückzuführen sein wird. Jedoch ist Aussicht vorhanden, dass bei genau hermetisch verschliessbaren Gefässen Kohärer hergestellt werden können, welche lange Zeit gut empfindlich bleiben

Zuletzt wurden noch Kohärer mit geschmolzenen Metallsalzen untersucht. Dabei ergab sich, dass bei Einwirkung von schwachen Wellen unter Umständen ganz andere Wirkung eintrat als unter Einwirkung kräftiger Wellen.

Wird Silberchlorid auf eine Kohärerplatte mit Platinelektroden gebracht und in einer Spiritusstichflamme zum Schmelzen gebracht, und nach dem Erkalten in den Stromkreis eingeschaltet, so zeigt sich zunächst noch kein Ausschlag, wird jedoch nur etwas erwärmt, wobei lange nicht der Schmelzpunkt des Silberchlorides erreicht zu werden braucht, so gibt das Galvanometer einen Ausschlag, der auch nach dem Erkalten erhalten bleibt. Auf die Einwirkung schwacher Wellen geht der Ausschlag zurück und nacher nur mehr sehr langsam vor. Wird jedoch das Silberchlorid zuvor nicht völlig geschmolzen, sondern nur stark getrocknet, höchstens so stark erwärmt, dass das Salz sich aufbläht, und nach dem Erkalten eingeschaltet, so zeigt sich bei schwachem Erwärmen ein Ausschlag, welcher die auffallende Erscheinung zeigt, dass er bei der Wirkung schwacher elektrischer Wellen grösser und erst bei der Einwirkung kräftiger Wellen kleiner wird. Es kamen Fälle vor, dass der Ausschlag bei einer Anfangsstellung von 30 Grad unter der Wirkung schwacher Wellen um 10—15 Grad zunahm. Nach der Wirkung der Wellen geht der Ausschlag wieder von selbst zurück, stellt sich jedoch unter einem Winkel ein, der grösser ist als der anfängliche Ausschlag. Dasselbe tritt bei Wiederholungen ein, dabei wird jedoch die während der Wellenwirkung hervorgerufene Zunahme immer geringer, während sich die Nadel nach jedem Versuch unter einem grösseren Winkel einstellt und schliesslich eine Ruhelage einnimmt, welche sie während der Wellenwirkung nicht mehr verlässt, falls der Erreger in

gleicher Entfernung bleibt. Erst wenn der Wellenerreger näher herangerückt wird, tritt wieder eine Vergrösserung des Ausschlages ein. Wird der Wellenerreger jedoch noch näher gebracht, so geht die Nadel nicht mehr vor, sondern stark zurück. Haben die Wellen aufgehört zu wirken, so stellt sich der Ausschlag meist von selber wieder ein. Wird bei gleicher Stellung des Wellenerregers der Versuch mehrmals wiederholt, so geht die Nadel unter der Einwirkung der Wellen anfangs zurück, dann aber kommt ein Moment, in welchem der Ausschlag während der Wellenwirkung nicht mehr ab, sondern zunimmt. Vom Uebergang aus der einen Art der Wirkungsweise in die andere traf es sich häufig, dass der Ausschlag während einer Wellenwirkung erst ein kleinwenig zu, dann abnahm, bei weiteren Wiederholungen bekam allmählig die Zunahme das Uebergewicht, so dass von nun ab blos mehr Zunahme eintrat. Bei Wellen aus 2 m Entfernung zeigte sich keine Einwirkung, bei allernächster Nähe oder beim Berühren des Kohärers mit einem Pol des Wellenerregers ging der Ausschlag zurück. Dieselben Erscheinungen treten auch bei Jod- und Bromsilber, ferner bei Silbernitrat regelmässig auf, wenn die Salze nicht geschmolzen, sondern nur stark getrocknet wurden. Am besten gelangen die Versuche bei Jodsilber, welches mit Silbernitrat und Jodkalium hergestellt worden war, ohne dass die Kaliumsalze entfernt wurden.

Es war übrigens nicht unbedingt nötig, dass die Salze zuvor getrocknet wurden, damit Erscheinungen der beschriebenen Art eintraten. So kam es vor, dass Kohärer, welche mit diesen Salzen hergestellt worden waren, und nach dem Behauchen zunächst auf elektrische Wellen Widerstandsvergrösserung zeigten mit der Zeit unter der Wirkung der Wellen momentan geringen Widerstand annahmen. Bei einem Silbernitratkohärer, der mit einer Lösung von 1 : 200 hergestellt war, und bei dem nur ganz kleine punktförmige Salzkörnchen vorhanden waren, kam es vor, dass er nach dem Behauchen einen Ausschlag zeigte, der schon bei der ersten Wellenwirkung grösser statt kleiner wurde und alle Eigenschaften der oben beschriebenen Salzkohärer besass.

Bei reinen Silberspiegelkohärern traten diese Erscheinungen nie ein. Entweder blieb der Ausschlag während der Wellenwirkung umgeändert oder er ging zurück. Auch die Goldchloridkohärer zeigten dasselbe Verhalten. Nur dann, als ein Goldchloridkohärer sehr stark erhitzt wurde, wobei sich vielleicht ein weniger hygroskopisches Salz gebildet hatte, konnte in einem Fall eine Zunahme des Ausschlages während der Wellenwirkung bemerkt werden.

Eine Verwendung der reinen Erscheinung letzterer Art für die Telegraphie mit elektrischen Wellen ist ausgeschlossen, weil bei ein und derselben Entfernung die Ausschlagsrichtung mit der Zeit umkehrt und die Empfindlichkeit rasch abnimmt. Doch war es interessant, die merkwürdigen Vorgänge bei diesen Kohärern etwas näher zu beobachten. Es zeigte sich, dass bei den reinen Kohärern dieser Art der erste Ausschlag nur dann eintrat, wenn der Kohärer beim Erwärmen an das galvanische Element angeschlossen war, der Ausschlag ist demnach das Produkt elektrolytischer Vorgänge. War der bei der Herstellung benutzte Strom sehr schwach, so zeigte sich auch dementsprechend ein kleinerer Ausschlag. Wurde nach dem Erkalten ein viel stärkerer Strom hindurchgeschickt, dann wieder die schwache Stromquelle eingeschaltet, so zeigte sich der anfängliche Ausschlag nicht verändert, auch änderte sich der Ausschlag nicht, wenn der Kohärer lange Zeit (1—2 Stunden) unter Strom war. Die elektrolytischen Vorgänge nach dem Erkalten mussten demnach minimal sein.

Durch Erschütterung war der Ausschlag nicht zu beeinflussen. Bei ganz schwachem Erwärmen ging der Ausschlag retour. Wurde nur etwas zu viel erwärmt, so ging der Ausschlag wieder vor. In mehreren Fällen konnte es erreicht werden, dass bei recht schwachem Erwärmen in der Nähe einer Spiritusflamme der Ausschlag, wenn er sich während der Wellenwirkung vergrössert hatte, gerade auf seine Anfangsgrösse gebracht werden konnte. Nach dem Erkalten zeigte der Kohärer dieselbe grosse Empfindlichkeit wie anfangs.

Unter dem Mikroskop zeigten sich pulverförmige Anhäufungen von Krystallen. Von Silberbäumchen war in diesem

Falle nichts zu sehen, doch mussten auch hier Silberfäden vorhanden sein, da sonst die gute Leitfähigkeit mit Ausschlägen von 30 Grad nicht erklärlich wäre.

Diese Vorgänge lassen sich erklären durch die Annahme, dass infolge kräftiger Wellen eine Zerstörung der Metallfäden, infolge schwacher Wellen jedoch eine weitere Verbindung der äussersten Bäumchenenden mit der Anode, das heisst, dasselbe wie bei dem Branlyschen Kohärer eintritt. Im allgemeinen können beide Wirkungen zu gleicher Zeit vorhanden sein, das Ueberwiegen des Effekts der einen Wirkung über den der anderen bestimmt den Ausschlag, der unter der Wirkung der Wellen eintritt. Dabei kann der Umstand, dass die Vorgänge in oder längs krystallinischer Gebilde vor sich gehen, die verschiedenen Modifikationen der reinen Kohärererscheinung hervorbringen.

Es wurde auch noch versucht, ob nicht auch durch andere Einbettungen dasselbe hervorgebracht werden könne. Es wurde zu dem Zwecke ein gut empfindlicher, lufttrockener, Silberspiegelkohärer mit einer Lösung von Wachs in Chloroform bedeckt. Letzteres geschah deshalb, um Wärmewirkungen auszuschliessen, welche bei Anwendung geschmolzenen Wachses nicht zu vermeiden gewesen wären. In anderen Fällen wurde der Kohärer mit Eisenlack überzogen. In beiden Fällen zeigte sich, dass der jeweilige Ausschlag sich dabei nicht änderte. Bei der Einwirkung von elektrischen Wellen ging der Ausschlag zurück, nie vorwärts. Es konnte also ein Kohärer erster Art nicht auf diese Weise in einen solchen zweiter Art übergeführt werden. Die bei den letzten Kohärern auftretenden Erscheinungen sind wesentlich an das Vorhandensein freien Salzes gebunden und treten um so deutlicher auf, je kleiner respektive pulverförmiger die Salzkrystalle sind, welche sich auf dem Kohärer befinden.

Da bei den letzten Versuchen sich gezeigt hatte, dass ein Silberspiegelkohärer beim Einbetten in Wachs und Lack keine Aenderung des Ausschlages erlitt und dabei noch lange Zeit gut empfindlich blieb, wurden noch Versuche über Einbettungen dieser Art gemacht. Bei Einbettungen in abso-

luten Alkohol und Petroleum zeigte sich ebenfalls, dass zunächst der Ausschlag nicht zurückging, sondern erst auf die Wirkung der Wellen. Wurde dem so eingebetteten Kohärer ein mit Ammoniakflüssigkeit befeuchtetes Papier genähert, so nahm der Ausschlag sehr bald deutlich zu, ein Zeichen dafür, dass elektrolytische Leitung im Kohärer stattfand, weil Feuchtigkeit und Ammoniak einen deutlich bemerkbaren Einfluss ausübten. Da Alkohol und speziell Petroleum den Strom fast gar nicht leiten, so wird die Kohärerfeuchtigkeit demnach bei obigen Einbettungen blos überdeckt, nicht beseitigt, was bei der grossen Zähigkeit, mit welcher die letzten Spuren der Feuchtigkeit an Gläsern haften bleiben, gut denkbar ist. Auch bei Einbettungen in Eisenlack nimmt der Ausschlag, wenn die trockene Lackschicht behaucht wird, zu. Für gewöhnlich jedoch bleibt der Ausschlag konstant. Der Lacküberzug schützt also den Kohärer genügend gegen äussere Feuchtigkeitseinflüsse. Die freie Zunahme an Kohärerfeuchtigkeit kann jedenfalls nicht gross sein. Da ferner infolge der Vorgänge bei der Elektrolyse und der Wellenwirkung dieselbe durch Zersetzungen und Verdampfungen höchstens abnehmen konnte, so wirkte der Lacküberzug ebenso wie die Einschliessung des Kohärers in ein Gefäss mit Luft von geeignetem Feuchtigkeitsgrade. Kohärer dieser Art zeigten bei einem Ausschlag von 15 Grad und $1^1/_2$ m Entfernung des Wellenerregers innerhalb einer achttägigen Versuchsdauer bei einer Wellenwirkung von $^1/_2$ sec durchschnittlich eine regelmässige Verminderung des Ausschlages um 10 Grad. Dabei wurde in verschiedenen Zeitintervallen pro Tag etwa eine halbe Stunde damit gearbeitet. Die Wiederherstellung des ursprünglichen Ausschlages ging rasch vor sich. Als dann die Kohärer während weiterer acht Tage vom Strom ausgeschaltet waren, zeigte sich beim Einschalten zwar wieder ein Ausschlag, der aber nach der Wellenwirkung sich nicht mehr gut neu bilden wollte; es wird dabei die Feuchtigkeit eben doch zu stark abgenommen haben.

Was nun schliesslich die Verwendbarkeit dieser verschiedenen Kohärer für die Telegraphie ohne Draht anlangt, so kommen zunächst die Kohärer mit stark hygroskopischen

Salzen, z. B. Goldchlorid, wegen der rasch eintretenden Erschöpfung des Elektrolyten und Kohärer mit festen Salzen, wie Silbernitrat, wegen der unter Umständen möglichen Umkehrung der Ausschlagsrichtung während der Einwirkung der Wellen nicht in Betracht. Dagegen liefern Silberspiegelkohärer bei sorgfältiger Präparierung und Einschliessung derselben in eine Atmosphäre von geeignetem Feuchtigkeitsgrade oder beim Ueberziehen mit einer Lackschicht Resultate, aus denen sich eine Verwendbarkeit erwarten lässt. Besonders bei letzteren dürften durch Verwendung eines geeigneten Lackes und geeigneter Dicke der Schicht Kohärer herstellbar sein, die wenigstens 2—3 Wochen gut funktionieren könnten, dann allerdings ausgewechselt werden müssten. Bei dem grossen Vorteil der selbstthätigen Wiederherstellung der ursprünglichen Leitfähigkeit dürfte die öftere Auswechselung der Kohärer mit in Kauf genommen werden können. Den Schwierigkeiten, welche dadurch entstehen, dass durch einen Kohärer nur wenig Strom fliesst, könnte dadurch leicht abgeholfen werden, dass nicht einer, sondern zugleich mehrere, etwa 10 Stück, parallell geschaltet, verwendet werden, wodurch der Gesamtwiderstand 10mal kleiner wird. Zugleich dürfte die Gesamtwirkung eine regelmässigere sein, da die etwaigen Unregelmässigkeiten des einen durch andere, gut funktionierende Kohärer ausgeglichen werden oder wenigstens nicht so stark zur Geltung kommen, als wenn blos ein Kohärer vorhanden ist. Ob es noch möglich ist, dass Kohärer mit einer Lebensdauer von 2—3 Wochen bei hoher Empfindlichkeit und grosser Schnelligkeit der Regeneration hergestellt werden können, muss den weiteren Versuchen überlassen werden.

Zum Schlusse habe ich noch Herrn Lycealprofessor Dr. Meyer, sowie mehreren Herrn Kollegen meinen verbindlichsten Dank für die Ueberlassung von Apparaten und Instrumenten auszusprechen.



